

# Dégradation des terres cultivées au Sud-Kivu, R.D. Congo : perceptions paysannes et caractéristiques des exploitations agricoles

Aimé B. Heri-Kazi <sup>(1,2)</sup>, Charles L. Biielders <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Université catholique de Louvain. Earth and Life Institute. Environmental Sciences. Louvain-la-Neuve (Belgium).  
E-mail : heri.kazi@ucbukavu.ac.cd

<sup>(2)</sup> Université Catholique de Bukavu (UCB). Faculty of Agronomy (FA). Department of Soil Sciences. D.R. Congo

Reçu le 28 avril, accepté le 12 mars 2020, mis en ligne le 8 avril 2020.

Cet article est distribué suivant les termes et les conditions de la licence CC-BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>)

**Description du sujet.** En comparaison avec les pays environnants de la région des Grands Lacs africains, il existe un manque criant d'informations actualisées sur l'état de dégradation des sols dans la dorsale du Kivu en R.D. Congo.

**Objectifs.** Cette étude vise à caractériser la sévérité de la dégradation des sols cultivés au Sud-Kivu et comment celle-ci est affectée par la diversité des contextes biophysiques et socio-économiques, par les choix de cultures et de pratiques culturales.

**Méthode.** Au sein de quatre territoires de la dorsale du Kivu, 720 petits agriculteurs ont été enquêtés concernant le niveau et les formes de dégradation des parcelles, les cultures et les pratiques culturales. Une classification des exploitations a été réalisée.

**Résultats.** Les exploitations se caractérisent par leur petite taille et leur pauvreté. Globalement, l'état de dégradation est perçu comme moyen, mais il est sévère à très sévère pour un tiers des producteurs. L'érosion, les pertes d'éléments nutritifs et de matière organique sont les principaux types de dégradation. La pression démographique explique en partie les différences observées entre bassins. Les ménages les plus pauvres présentent en moyenne les niveaux de dégradation les plus élevés. Certaines pratiques (billonnage) ou cultures (manioc, café, cultures maraichères) semblent préférentiellement associées à certains états de dégradation, sans que des liens de cause à effet ne puissent être établis en raison de la prédominance des associations culturales.

**Conclusions.** L'enquête a mis en évidence une situation interpellante, affectant particulièrement les ménages les plus pauvres, qui doit inciter à plus d'investissements en matière de conservation des sols.

**Mots-clés.** R.D. Congo, Sud-Kivu, érosion hydrique, pratique agricole, pauvreté, pression démographique.

## Cropland degradation in South Kivu, D.R. Congo : farmers' perceptions and farm characteristics

**Description of the subject.** As compared to neighboring countries in the African Great Lakes Region, there is a glaring lack of up-to-date information regarding the status of land degradation in the Kivu Ridge in the D.R. Congo.

**Objectives.** This study aims at characterizing the severity of soil degradation in South Kivu and how it is affected by the diversity of biophysical and socio-economic contexts and the choice of crops and cropping practices.

**Methods.** In four territories of the Kivu Ridge, 720 small farmers were surveyed regarding the level and forms of land degradation, as well as crops and cultural practices. A classification of households was carried out.

**Results.** Farms were characterized by their small size and their overall poverty. Overall, the status of degradation was perceived as medium, but it was severe to very severe for one third of farms. Soil erosion, nutrient depletion and organic matter were the main types of degradation. Demographic pressure partly explains the differences observed between watersheds. The poorest households had on average the highest levels of degradation. Some practices (ridging) or crops (cassava, coffee, and market gardening) seemed preferentially associated with certain levels of degradation, although no clear causal relationships could be established because of the predominance of crop associations.

**Conclusions.** The survey revealed a problematic situation, particularly affecting the poorest households, which should encourage more investment in soil conservation.

**Keywords.** D.R. Congo, South Kivu, water erosion, cropping systems, poverty, population pressure.

## 1. INTRODUCTION

La petite agriculture paysanne joue un rôle important pour satisfaire les besoins alimentaires des ménages agricoles pauvres vivant en Afrique subsaharienne (Ellis, 2005). Cependant, ce type de système de production agricole est de plus en plus caractérisé par une surexploitation des ressources naturelles, base de son fonctionnement, suite à la rapide croissance de la population rurale (Diao et al., 2010). À court et à moyen termes, cette surexploitation mène à des phénomènes de dégradation des sols qui conduisent à une diminution de leur productivité, compromettant la durabilité des systèmes de production agricole (Lal, 1988). Ainsi, l'Afrique subsaharienne est la seule région au monde où, depuis des décennies, la production alimentaire par habitant continue de baisser (Muchena et al., 2005 ; Jayne et al., 2010), bien que la consommation alimentaire en milieu rural soit en augmentation (Bricas et al., 2016).

Au sein de l'Afrique subsaharienne, les zones montagneuses de la région des Grands Lacs africains (RGLA) de l'Afrique de l'Est sont particulièrement exposées à la dégradation des terres (par érosion hydrique et épuisement des sols) et aux conséquences qui en découlent. En effet, la RGLA présente un ensemble de facteurs biophysiques et socio-économiques qui favorisent la surexploitation des sols agricoles et leur dégradation : très haute densité démographique, pluviométrie abondante et topographie marquée par des collines à très fortes pentes. La pression anthropique est, en particulier, perçue comme une force motrice majeure de ces processus de dégradation suite à la déforestation, à la réduction ou l'absence de périodes de jachère, à la mise en cultures de terres parfois marginales et à pentes très fortes jadis réservées au pâturage et au boisement, et à l'absence ou aux faibles apports en amendements pour l'entretien et la restauration de la fertilité des sols (Okoba & de Graaff, 2005 ; Nabahunu, 2012).

La province du Sud-Kivu en République démocratique du Congo, et particulièrement la dorsale du Kivu, se trouve au cœur de la RGLA et est caractérisée par un contexte similaire à celui décrit ci-dessus. Différents rapports y font état d'un niveau élevé de dégradation des sols (DSRP, 2005 ; Hauser et al., 2007 ; DSCR-2, 2011 ; Karamage et al., 2016a). Celle-ci n'y affecterait pas seulement la production agricole et la sécurité alimentaire des populations, mais également les ressources halieutiques du lac Kivu et les cours d'eau qui alimentent les centres urbains en eau potable (envasement des bas-fonds ; pollution des eaux par les pesticides ; excès de fertilisation dans les milieux où sont pratiqués le maraîchage, etc.) (Zirirane et al., 2015). La problématique n'est pas récente, car déjà vers le milieu du siècle passé, avant les indépendances,

l'État colonial belge s'inquiétait du recul de la forêt dans la dorsale du Kivu suite au défrichement agricole (CNKI, 1948). Une enquête pédologique avait permis d'estimer à plus de 10 000 ha les terres anciennement cultivées devenues improductives par l'effet de l'érosion au Kivu (Tondeur, 1954). Selon un rapport de projet du début des années 1980, plus de 78 % des producteurs de la zone avaient déjà affirmé que la culture continue, l'érosion accélérée du sol et la distribution irrégulière des précipitations étaient les causes majeures de la dégradation des sols dans le Kivu (Bitijula & Lal, 1983).

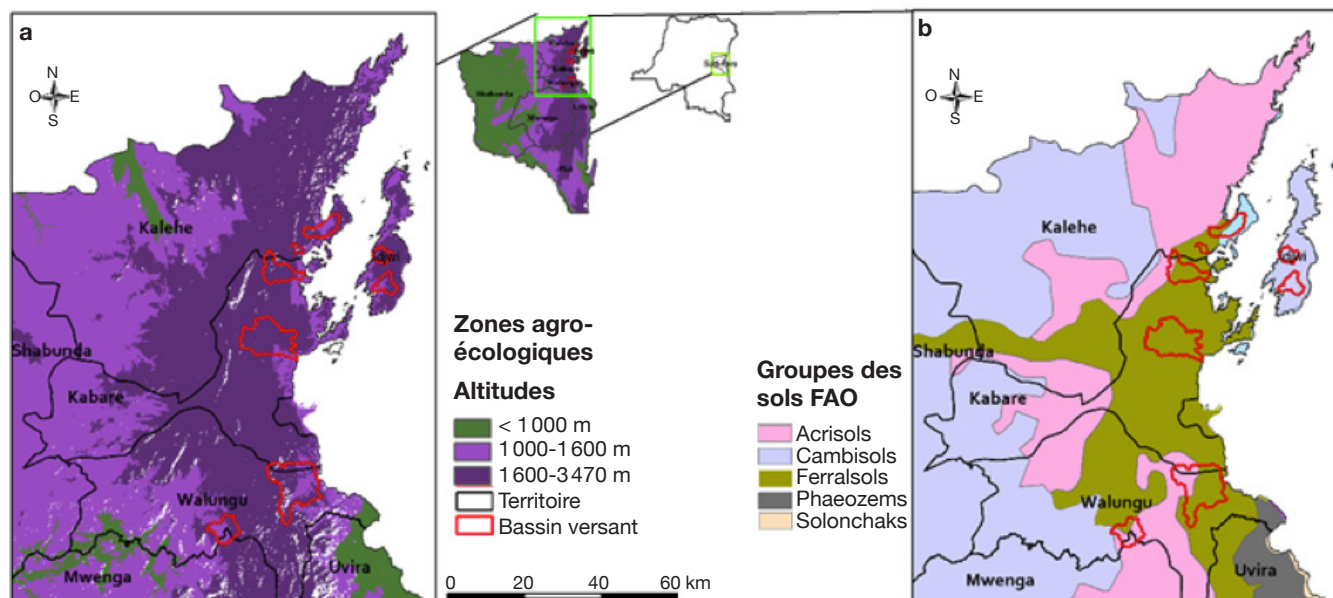
Cependant, aujourd'hui, il convient de constater un manque d'informations actualisées sur la dégradation des sols au Kivu (Bisimwa & Mambo, 2009 ; Cazenave-Piarrot, 2009), en comparaison avec des pays avoisinants comme le Rwanda, le Burundi et l'ouest de l'Ouganda (Bizoza, 2014 ; Karamage et al., 2016b). Cela semble s'expliquer en grande partie par l'insécurité persistante dans cette province, qui a mis à mal le système de recherche national, les collaborations internationales et le fonctionnement des services étatiques (Cox, 2012). Une telle actualisation serait cependant essentielle en vue de guider les politiques publiques et les actions de développement agricole dans la dorsale du Kivu. La présente étude a donc pour objectif premier de caractériser la sévérité de la dégradation des sols au Sud-Kivu en considérant la diversité des conditions environnementales et socio-économiques rencontrées dans cette région. Le second objectif est d'évaluer comment la diversité des contextes biophysiques et socio-économiques au Sud-Kivu affecte les choix des cultures et des pratiques culturales et *in fine*, l'état de dégradation des terres.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1. Sélection des sites

L'étude a été conduite dans huit bassins versants au sein de quatre territoires (= subdivisions administratives ; Kalehe, Kabare, Idjwi et Walungu) de la province du Sud-Kivu à l'Est de la R.D. Congo (**Figure 1a**). Cet ensemble géographique abrite 44 % de la population totale de la province et intervient pour plus de 70 % dans la fourniture d'aliments pour la ville de Bukavu et ses environs (IPAPEL, 2010). Les territoires de Kabare et Kalehe sont localisés sur des terres considérées comme ayant encore un grand potentiel agricole à cause de leur origine volcanique récente, alors que les territoires de Walungu et Idjwi sont localisés sur des sols anciens, en majorité dérivés de roches basaltiques, fortement altérés et peu fertiles (FAO, 1998).

L'étude agropédologique a été réalisée au sein de deux bassins versants par territoire, soit huit bassins au



**Figure 1.** Dorsale du Kivu au Sud-Kivu — *Map of the Kivu ridge in the South Kivu province.*

**a.** Localisation des quatre territoires (Walungu, Kabare, Kalehe et Idjwi) et des trois zones agro-écologiques (adapté à partir d'IPAPÉL, 2010) — *Location of the four territories (Walungu, Kabare, Kalehe and Idjwi) and the three agro-ecological zones (adapted from IPAPÉL, 2010)* ; **b.** Illustration des groupes de sols dominants — *Illustration of the dominant soil groups (Goyens et al., 2007).*

total. Le choix de ces bassins a été dicté par le souci de représenter la diversité des types de sols de la province (**Figure 1b**) et par leur accessibilité par voies routières ou lacustres (**Tableau 1**). Les exutoires des bassins étaient localisés sur le lac Kivu ou sur de grandes rivières se jetant dans le lac, ce qui explique les tailles assez variables des bassins retenus. Un ensemble de villages (55 au total) ont été sélectionnés afin de couvrir au mieux les parties cultivées de chaque bassin versant, tout en tenant compte des contraintes d'accessibilité.

## 2.2. Méthodologie de l'enquête

Des enquêtes de ménages agricoles ont été conduites de septembre à octobre 2015. Elles ont été complétées par des entretiens avec les chefs de groupements, le personnel des services étatiques et des personnes ressources responsables d'associations locales de développement.

Dans chaque bassin versant, 90 ménages ont été interviewés en langue vernaculaire locale. Le questionnaire utilisé était constitué des questions de type semi ouvert (sur base d'une liste non exhaustive, avec possibilité de recueillir l'avis de l'enquêté) et comportait trois grandes parties :

- les caractéristiques des ménages (activités principales, disponibilité en moyens de production, système d'élevage) ;
- les principales cultures et pratiques agricoles associées ;

– la perception des producteurs sur l'état de dégradation de leur parcelle principale.

Cette perception résulte, premièrement, d'une appréciation qualitative de l'état général de dégradation et, deuxièmement, d'une évaluation des principaux types de dégradation des sols (érosion hydrique, compaction du sol, épuisement du sol, perte de matière organique du sol) (Lal, 2009). Cette dernière s'appuie sur leurs propres critères qui comprennent, entre autres, des indicateurs physiques des sols (couleur, texture et structure), la productivité des cultures et l'état de surface dans son sens le plus large (résidus de cultures en surface, érosion) (M'Biandoun & Bassala, 2007). La sévérité a été évaluée par les producteurs enquêtés sur base d'une échelle graduelle à cinq niveaux (très faible, faible, moyenne, sévère et très sévère).

## 2.3. Traitement et analyse des données

Douze variables socio-économiques, dont sept variables quantitatives (nombre de parcelles ; superficie totale ; main-d'œuvre familiale ; nombre total de cultures ; nombre de cultures à orientation autoconsommation, à orientation vente ou à orientation mixte) et cinq variables qualitatives supplémentaires (agriculture comme source principale de revenus ; existence d'autres types de revenus ; élevage des bovins ; élevage des porcs et élevage du petit bétail [caprins, ovin, volailles, etc.]), ont été utilisées dans une analyse en composantes principales (ACP) précédée d'un test de corrélation

**Tableau 1.** Principales caractéristiques socio-économiques et biophysiques des huit bassins au sein de la dorsale du Kivu, R.D. Congo — *Main socioeconomic and biophysical characteristics of the eight watersheds within the Kivu dorsal, D.R. Congo.*

Caractéristique	Kalehe			Kabare			Idjwi			Walungu		
	Kal1	Kal2	Kab1	Kab2	Idj1	Idj2	Wal1	Wal2				
Axe routier	Bukavu-Goma	Bukavu-Goma	Bukavu-Goma	Bukavu-Goma	Lac-Kivu	Lac-Kivu	Bukavu-Uvira	Bukavu-Kindu				
Distance (de Bukavu en km)	67 <sup>§</sup>	61 <sup>§</sup>	54 <sup>§</sup>	26 <sup>§</sup>	56 <sup>□</sup>	64 <sup>□</sup>	27 <sup>§</sup>	69 <sup>§</sup>				
Population par bassin <sup>a</sup>	17842	10472	16902	36315	24267	32826	11543	13238				
Superficie du bassin (ha) <sup>b</sup>	2975	459	4456	10204	2085	1417	12297	3690				
Densité de la population (hab·km <sup>-2</sup> ) <sup>‡</sup>	599	228	379	355	1163	2316	93	358				
Village enquêté (nombre)	9	4	8	9	2	7	10	6				
Accès aux marchés urbains	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Non				
Pressions abiotiques	Sédimentations au littoral ; déforestation	Débordement des rivières ; déforestation	Déforestation (fabrication du charbon de bois)	Déforestation (fabrication du charbon de bois)	Sédimentations au littoral ; déforestation	Sédimentations au littoral ; déforestation	Sédimentations dans les marais ; déforestation	Déforestation				
Altitude moyenne en m (écart-type)	1629 (27,3)	1610 (92,9)	1601 (77,0)	1608 (58,6)	1554 (48,9)	1613 (115,3)	1588 (24,4)	1610 (51,2)				
Longitude <sup>+</sup>	28,89 à 28,92	28,85 à 28,86	28,84 à 28,86	28,69 à 28,84	29,03 à 29,08	29,02 à 29,04	28,83 à 28,89	28,65 à 28,76				
Latitude <sup>+</sup>	-2,08 à -2,10	-2,12 à -2,14	-2,18 à -2,20	-2,34 à -2,38	-2,14 à -2,22	-2,12 à -2,22	-2,65 à -2,69	-2,73 à -2,80				

<sup>a</sup> : données issues des recensements des populations au premier et au dernier trimestre 2015 par les centres de santé se trouvant au sein des entités enquêtées et sur base des données des rapports annuels des territoires (2014 et 2015) et de l'Inspection de la Santé (<https://caid.cd/index.php/donnees-par-province-administrative/province-de-sud-kivu>) — *data from the population censuses in the first and last quarters of 2015 by the health centers located within the surveyed entities and on the basis of data from the annual reports of the territories (2014 and 2015) and from the Health Inspections* (<https://caid.cd/index.php/donnees-par-province-administrative/province-de-sud-kivu>) ; <sup>b</sup> : superficie des bassins à partir du logiciel Arc GIS 10.2.2 — *population determined and calculated on the basis of the surface area of the watersheds using Arc GIS 10.2.2 software* ; <sup>§</sup> : par la route — *by road*; <sup>□</sup> : par le lac — *by the lake* ; <sup>+</sup> : coordonnées géographiques exprimées en unités métriques (UTM) — *geographic coordinates expressed in decimal degrees (DD)* ; <sup>‡</sup> : sur la base des données des recensements de population au premier et dernier trimestre de 2015 par les centres de santé de la zone d'étude — *based on data from the population censuses in the first and last quarters of 2015 by the health centers in the study area.*

pour identifier les variables non corrélées en vue d'une catégorisation des ménages (Senthikumar et al., 2009 ; Tittonell et al., 2010). La typologie des ménages a été faite grâce à une classification ascendante hiérarchique (CAH) en se basant sur les variables issues de l'ACP. Par ailleurs, les ménages ont également été répartis en trois classes de richesse sur base des indicateurs de richesse identifiés par Louvain Développement (2008) pour la même zone d'étude. La répartition des ménages dans les classes de richesse a été faite grâce à la classification par nuées dynamiques (k-moyennes) en combinant cinq variables pour lesquelles les indicateurs de richesse ont été définis et répartis pour chacun des ménages agricoles (**Tableau 2**).

La comparaison entre bassins versants en termes de facteurs de production ou de niveaux de dégradation a été effectuée *via* le test d'indépendance de khi-deux ( $\chi^2$ ). Enfin, la perception sur l'état de dégradation des bassins a été comparée à certains paramètres pertinents pour analyser une éventuelle relation entre ces derniers et l'indice moyen de dégradation.

Le logiciel XLSTAT version 2016.02 a été utilisé pour le traitement et l'analyse des données. Les données cartographiques utilisées dans ce travail sont issues du site du Référentiel Géographique Commun (RGC) de la R.D. Congo ([www.rgc.cd](http://www.rgc.cd)) et des données SOTER pour l'extraction de la carte des sols (Goyens et al., 2007).

### 3. RÉSULTATS

#### 3.1. Caractéristiques socio-économiques des ménages

Environ deux tiers des ménages agricoles enquêtés cultivent moins d'un hectare, mais la répartition des tranches de superficies analysées varie très significativement entre les huit bassins (**Figure 2a**). Les bassins de Kalehe, Kabare et Walungu présentent en moyenne 30 % d'exploitations de superficie < 0,5 ha,

alors qu'à Idjwi, près de 52 % disposent de moins de 0,5 ha. Les ménages agricoles de la zone d'étude exploitent généralement deux parcelles ou plus, mais 40 % ne peuvent compter que sur une seule parcelle (**Figure 2b**). Les ménages sont propriétaires des parcelles agricoles à plus de 85 % (**Figure 2c**).

La majorité des parcelles agricoles (88 % en moyenne) sont exploitées depuis plus de 50 ans (**Figure 2d**). Elles sont exploitées en culture continue sans jachère, étant donné la forte densité de population dans certains bassins versants au sein de cette zone d'étude (**Tableau 1**). L'expérience des ménages (en tenant compte du nombre d'années depuis que les ménages exploitent leurs parcelles) varie très significativement entre bassins (**Figure 2e**). À Walungu, 42 % des ménages exploitent leurs parcelles depuis plus de 25 ans, alors qu'à Idjwi ces derniers ne représentent que 21 %. Environ deux personnes adultes et 0,5 à 1 enfant par ménage travaillent comme main-d'œuvre familiale dans la majorité des bassins (**Figure 2f**).

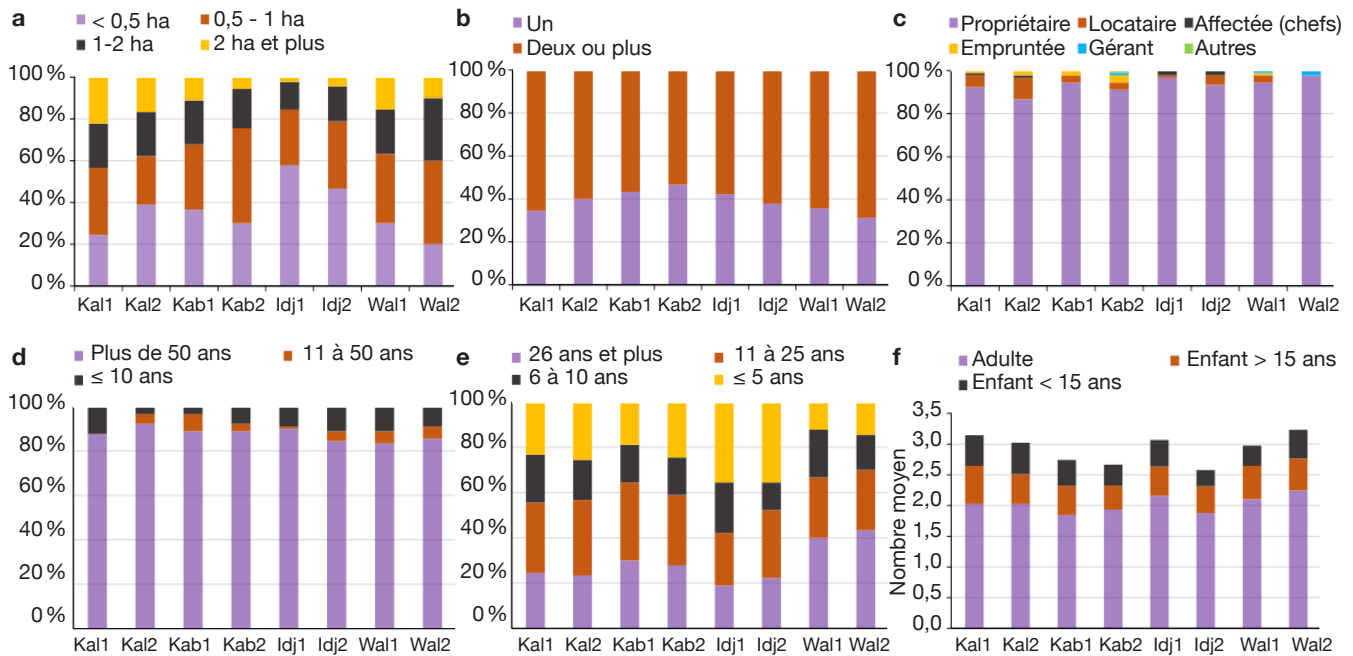
L'élevage des caprins est le plus fréquent des élevages et concerne 58 % des ménages en moyenne (**Tableau 3a**). L'élevage de porcs et de vaches concerne en moyenne 9 % et 10 % des ménages, respectivement. En moyenne pour tous les bassins, les principaux objectifs de l'élevage sont l'épargne (61 %), l'obtention du fumier (53 %) et l'autoconsommation (46 %) (**Tableau 3b**).

#### 3.2. Typologie des ménages enquêtés

Seules quatre variables (superficie totale ; main-d'œuvre familiale ; nombre de cultures à orientation vente et agriculture comme source principale de revenu) parmi les douze variables socio-économiques introduites dans l'ACP ont été retenues comme facteurs principaux introduits dans la CAH pour regrouper les ménages sur base de ces quatre variables. Cela a permis d'identifier quatre types d'exploitation (ou type de ferme agricole) (**Figure 3**).

**Tableau 2.** Variables utilisées comme indicateurs de richesse pour la catégorisation des ménages enquêtés au sein de la dorsale du Kivu, R.D. Congo — *Variables used as wealth indicators for the categorization of surveyed households within the Kivu dorsal, D.R. Congo* (Louvain Développement, 2008).

#	Variable	Indicateur de classification (classe 1 : très pauvre ; classe 2 : pauvre et classe 3 : riche)
1	Superficie totale des parcelles	Classe 1 : ≤1 ha ; Classe 2 : 1-2 ha ; Classe 3 : > 2 ha
2	Type d'élevage pratiqué	Classe 1 : petit élevage (chèvre, mouton, volaille, cobaye, etc.) ; Classe 2 : porc et petit élevage ; Classe 3 : vache et petit élevage/porc
3	Sources des revenus du ménage	Classe 1 : agriculture ; Classe 2 : autres et agriculture
4	Mode de propriété des parcelles exploitées	Classe 1 : location et gardiennage ; Classe 2 : propriétaires
5	Niveau d'étude du responsable du ménage	Classe 1 : aucun/primaire ; Classe 2 : secondaire ; Classe 3 : universitaire



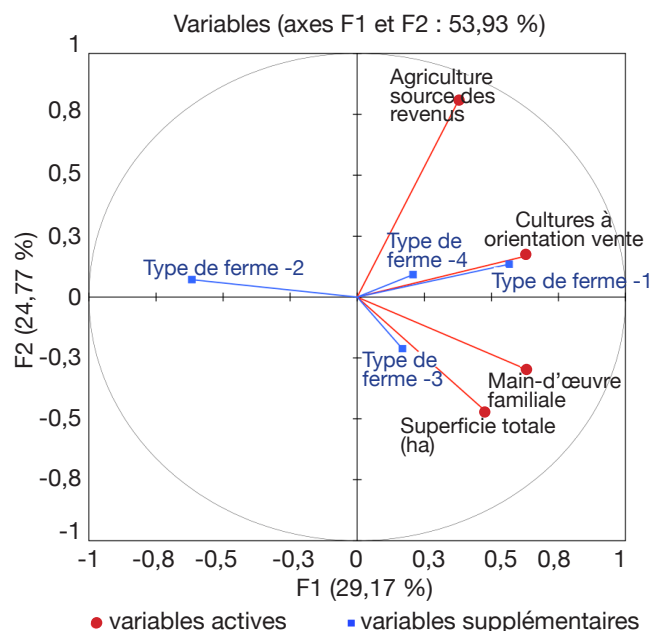
**Figure 2.** Répartition des moyens de production et durée d'exploitation des parcelles par les ménages — *Distribution of resources available for production and duration of exploitation by households* (n = 90, N = 720).

**a.** superficie totale de l'exploitation — *total farm area* ; **b.** nombre de parcelles par ménage — *number of plots per household* ; **c.** droit de propriété des parcelles — *ownership of the plot* ; **d.** durée de la mise en culture — *duration of cultivation* ; **e.** durée d'exploitation par le ménage — *duration of exploitation by the household* ; **f.** quantité et type de main-d'œuvre familiale — *quantity and type of family labor* ; Kal1, Kal2, Kab1, Kab2, Idj1, Idj2, Wal1, Wal2 : voir **tableau 1** — *see table 1*.

**Tableau 3.** Types et objectifs de l'élevage pratiqué par les ménages au sein des bassins enquêtés et résultats du test de khi<sup>2</sup> — *Types and objectives of animal rearing in the surveyed watersheds and chi<sup>2</sup> test results* (n = 90 ; N = 720).

	Localisation								khi <sup>2</sup>	p-value
	Kal1	Kal2	Kab1	Kab2	Idj1	Idj2	Wal1	Wal2		
<b>a. Type (%)</b>										
Caprin	61,1	60,0	51,1	60,0	56,7	58,9	66,7	46,7	10,0	0,1908
Lapin	44,4	32,2	17,8	34,4	30,0	33,3	31,1	31,1	15,4	<b>0,0316</b>
Cobaye	53,3	43,3	37,8	56,7	46,7	43,3	37,8	32,2	17,2	<b>0,0159</b>
Volaille	51,1	36,7	33,3	54,4	27,8	50,0	54,4	46,7	27,1	<b>0,0003</b>
Porc	21,1	27,8	6,7	5,6	2,2	0,0	10,0	1,1	75,3	<b>&lt; 0,0001</b>
Vache	30,0	20,0	7,8	3,3	8,9	1,1	5,6	0,0	77,7	<b>&lt; 0,0001</b>
<b>b. Objectif (%)</b>										
Vente	1,1	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	4,0	0,777
Épargne d'argent	66,7	68,9	56,7	66,7	55,6	57,8	68,9	50,0	13,9	0,052
Obtention du fumier	50,0	53,3	53,3	60,0	56,7	55,6	62,2	35,6	16,9	<b>0,018</b>
Autoconsommation	50,0	50,0	41,1	43,3	51,1	50,0	47,8	36,7	7,1	0,423
Social	28,9	13,3	12,2	30,0	21,1	24,4	40,0	30,0	29,0	<b>0,0001</b>
Traction animale	0,0	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,538
Autres	3,3	4,4	1,1	1,1	1,1	1,1	0,0	0,0	10,2	0,175

Kal1, Kal2, Kab1, Kab2, Idj1, Idj2, Wal1, Wal2 : voir **tableau 1** — *see table 1*.



**Figure 3.** Résultats de l'ACP sur base des quatre variables socio-économiques retenues pour la typologie des exploitations agricoles. Les informations fournies par l'analyse sont résumées sur les axes F1 et F2. La longueur et la direction des lignes indiquent l'influence de chaque variable au sein de chacun des quatre types de ferme agricole — *PCA results based on the four socio-economic variables selected for farm typology. The information provided by the analysis is summarized on the F1 and F2 axes. The length and direction of the lines indicate the influence of each variable within each of the four farm types* ( $p$ -value = 0,025 ; DDL = 6).

Type de ferme — *farm typology* : voir **tableau 4** — *see table 4*.

En fonction des résultats de l'ACP, on remarque que le type de ferme 2 est opposé aux trois autres en ce qui concerne la superficie totale, dont la moyenne est de  $1,01 \pm 1,35$  ha (**Tableau 4**) et l'agriculture comme source principale de revenu (contribuant pour 39 % à l'information totale fournie par les deux axes de l'ACP [**Figure 3**]). Aussi, le nombre de cultures à orientation vente est en lien avec le type de ferme 4 ( $3 \pm 0,8$ ) et secondairement le type de ferme 1 ( $1 \pm 0,4$ ), alors que la quantité de main-d'œuvre familiale caractérise le type de ferme 3 ( $5 \pm 2,2$ ) avec 47 % de contribution (**Tableau 4**). Les types de ferme 1 et 4 ont beaucoup de variables en commun, dont le nombre de la main-d'œuvre familiale, les cultures à orientation vente et secondairement, l'agriculture comme source principale des revenus à cause de leurs pourcentages de contributions qui sont très proches. Mais leur définition des caractéristiques des variables de catégorisation sont fondamentalement en opposition (concernant la quantité de ressources disponibles et la source des revenus).

Les types de ferme agricole 2 et 3 sont les plus représentatifs au sein de tous les huit bassins versants de la zone d'étude, sauf dans un bassin versant de Kabare (Kab1) où le type de ferme 1 (36,7 %) vient en deuxième position, comparé au type de ferme 3 (17,8 %), faiblement représenté. Au sein de deux bassins versants de Walungu, les types de ferme 2 et 3 représentent une large majorité (99 % au total, respectivement), alors qu'ils ne représentent que 72 % à 90 % au sein des autres bassins versants (**Tableau 5a**). Les pauvres et très pauvres représentent plus de 80 % dans sept bassins versants sur les huit de la zone d'étude. Un seul bassin versant de Walungu (Wal2) obtient environ 38 % des riches, selon les indicateurs

**Tableau 4.** Contribution des quatre principales variables issues de l'ACP à la formation de deux axes pour la typologie des ménages — *Contribution of the four main variables derived from the PCA to the formation of the two axes for the farm typology* ( $n = 720$ ).

Variable	Statistiques	Types d'exploitation			
		1 ( $n = 99$ )	2 ( $n = 383$ )	3 ( $n = 217$ )	4 ( $n = 21$ )
1. Superficie totale (ha)	% Contr.	13,55	39,22	25,65	5,68
	Moyenne	1,29	1,01	0,98	0,51
	Écart-type	1,59	1,35	1,02	0,58
2. Main-d'œuvre familiale ( $n$ )	% Contr.	12,45	21,33	46,57	12,50
	Moyenne	3,40	1,57	5,09	3,29
	Écart-type	2,70	0,72	2,19	2,67
3. Nombre de cultures à orientation vente ( $n$ )	% Contr.	62,41	0,60	0,71	70,83
	Moyenne	1,23	0,01	0,01	2,62
	Écart-type	0,42	0,07	0,12	0,80
4. Agriculture source principale de revenu (%)	% Contr.	11,59	38,85	27,07	10,98
	% des ménages	91,9	83,8	88,0	81,0

% Contr. : pourcentage des contributions — *percentage of contributions*.

**Tableau 5.** Répartition des 720 ménages des huit bassins versants au sein des différents types de ferme agricole et au sein des classes de richesse pour chacun des types de ferme agricole obtenus par la typologie des ménages et résultats du test de  $\chi^2$  — *Distribution of the 720 households in the eight watersheds within the different farm types and within the wealth classes for each type of farm obtained by the farm typology, and  $\chi^2$  test results.*

Distribution des ménages/bassin (%)	Type de ferme-1 (n = 99)	Type de ferme -2 (n = 383)	Type de ferme -3 (n = 217)	Type de ferme-4 (n = 21)
<b>a. Bassin versant vs type de ferme (<math>p</math>-value &lt; 0,0001 ; DDL = 21)</b>				
Kal1	25,6	43,3	28,9	2,2
Kal2	13,3	60,0	23,3	3,3
Kab1	36,7	41,1	17,8	4,4
Kab2	7,8	57,8	32,2	2,2
Idj1	14,4	53,3	27,8	4,4
Idj2	10,0	56,7	26,7	6,7
Wal1	1,1	63,3	35,6	0,0
Wal2	1,1	50,0	48,9	0,0
<b>Moyenne (%)</b>	<b>13,8</b>	<b>53,2</b>	<b>30,2</b>	<b>2,9</b>
<b>b. Classe de richesse vs types d'exploitation (<math>p</math>-value = 0,217 ; DDL = 6)</b>				
Très pauvres	56,6	56,9	50,7	66,7
Pauvres	38,4	34,2	35,9	28,6
Riches	5,1	8,9	13,4	4,8

Kal1, Kal2, Kab1, Kab2, Idj1, Idj2, Wal1, Wal2 : voir **tableau 1** — *see table 1.*

de classification utilisés. Cependant, on remarque qu'il y a trois autres bassins versants où les pourcentages des riches varient entre 7 % et 12 % (**Tableau 5b**). Leur particularité est qu'ils ne sont pas éloignés soit d'un centre urbain (Wal1 et Kab2), soit proche d'un centre de territoire (Kal1) (**Tableau 1**).

### 3.3. Cultures et pratiques présentes sur la parcelle principale

Les parcelles principales des ménages sont réparties sur cinq positions topographiques (**Figure 4**) mais, dans leur grande majorité, elles sont localisées sur la position « flanc de collines » (80 % en moyenne) (**Figure 5**). Ceci peut résulter du fait que cette position topographique domine dans le paysage, mais également que, dans la zone d'étude, de grands propriétaires terriens exploitent les sommets de collines et bas-fonds aux caractéristiques plus favorables. Douze cultures principales ont été identifiées, avec cependant des fréquences de présence significativement différentes entre bassins (**Tableau 6**). Pour le manioc, le maïs et le haricot, cultivés sur plus de 85 % des exploitations en moyenne, les fréquences de présence sont statistiquement différentes, même si les variations entre bassins restent généralement faibles (80-100 % selon les cultures et les bassins). Viennent ensuite la patate douce (64 %), le bananier (56 %) et le taro

(35 %). La culture présentant la plus forte variation entre bassins est le bananier, trouvé dans plus de 90 % des exploitations de Walungu, mais dans moins de 30 % à Idjwi à cause des attaques du wilt bactérien (*Xanthomonas* sp.) présent depuis plus d'une décennie dans les zones riveraines du lac Kivu (Ntamwira et al., 2019). La fréquence de la patate douce est également très variable. En moyenne, elle n'est présente que dans environ 3 exploitations sur 10 à



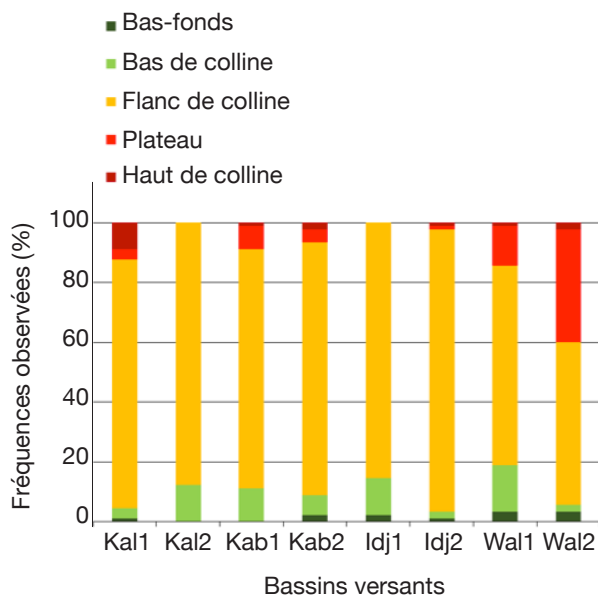
**Figure 4.** Représentation schématique des différentes positions topographiques au sein de la zone d'étude — *Schematic representation of different topographic positions within the study area.*



**Tableau 6.** Répartition des fréquences des principales cultures pratiquées au sein des huit bassins de la dorsale du Kivu et résultats du test de  $\chi^2$  — *Frequency distribution of main crops grown in the eight watersheds of the Kivu dorsal and  $\chi^2$  test results* (n = 90 ; N = 720).

Principales cultures	Localisation (%)								chi <sup>2</sup>	Sign.
	Kal1	Kal2	Kab1	Kab2	Idj1	Idj2	Wal1	Wal2		
Bananier ( <i>Musa</i> sp.)	52,2	51,1	52,2	62,2	<b>16,7<sup>a</sup></b>	<b>27,8<sup>b</sup></b>	<b>93,3<sup>c</sup></b>	<b>90,0<sup>c</sup></b>	181,8	***
Manioc ( <i>Manihot esculenta</i> C.)	96,7	97,8	90,0	94,4	95,6	<b>81,1<sup>a</sup></b>	96,7	94,4	30,4	***
Patate douce ( <i>Ipomea batatas</i> L.)	<b>75,6<sup>b</sup></b>	<b>40,0<sup>a</sup></b>	<b>33,3<sup>a</sup></b>	<b>33,3<sup>a</sup></b>	<b>85,6<sup>c</sup></b>	66,7	<b>78,9<sup>b</sup></b>	<b>94,4<sup>d</sup></b>	163,4	***
Taro ( <i>Colocasia esculenta</i> L.)	<b>58,9<sup>c</sup></b>	<b>46,7<sup>b</sup></b>	28,9	31,1	27,8	<b>15,6<sup>a</sup></b>	33,3	38,9	47,7	***
Igname ( <i>Dioscorea</i> sp.)	<b>33,3<sup>b</sup></b>	12,2	23,3	<b>34,4<sup>b</sup></b>	<b>11,1<sup>a</sup></b>	<b>7,8<sup>a</sup></b>	16,7	13,3	42,9	***
Maïs ( <i>Zea mays</i> L.)	<b>93,3<sup>b</sup></b>	92,2	87,8	<b>93,3<sup>b</sup></b>	83,3	81,1	82,2	<b>71,1<sup>a</sup></b>	30,2	***
Haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	98,9	95,6	97,8	95,6	96,7	<b>82,2<sup>a</sup></b>	95,6	94,4	33,2	***
Soja ( <i>Glycine max</i> L.)	14,4	<b>0,0<sup>a</sup></b>	7,8	<b>5,6<sup>b</sup></b>	<b>28,9<sup>c</sup></b>	<b>47,8<sup>d</sup></b>	<b>0,0<sup>a</sup></b>	<b>5,6<sup>b</sup></b>	146,9	***
Arachide ( <i>Arachis hypogaea</i> L.)	<b>34,4<sup>d</sup></b>	<b>10,0<sup>c</sup></b>	<b>54,4<sup>e</sup></b>	<b>10,0<sup>c</sup></b>	22,2	<b>28,9<sup>d</sup></b>	<b>0,0<sup>a</sup></b>	<b>4,4<sup>b</sup></b>	127,8	***
Tournesol ( <i>Helianthus annuus</i> L.)	<b>45,6<sup>d</sup></b>	<b>4,4<sup>b</sup></b>	<b>0,0<sup>a</sup></b>	<b>4,4<sup>b</sup></b>	<b>27,8<sup>c</sup></b>	14,4	<b>0,0<sup>a</sup></b>	<b>0,0<sup>a</sup></b>	163,3	***
Caféier ( <i>Coffea arabica</i> L.)	<b>28,9<sup>b</sup></b>	15,6	<b>45,6<sup>c</sup></b>	8,9	13,3	8,9	<b>0,0<sup>a</sup></b>	<b>0,0<sup>a</sup></b>	115,9	***
Maraichères (plusieurs espèces)	<b>3,3<sup>a</sup></b>	<b>1,1<sup>a</sup></b>	8,9	14,4	4,4	<b>2,2<sup>a</sup></b>	<b>22,2<sup>a</sup></b>	<b>22,2<sup>a</sup></b>	54,1	***

Les chiffres en gras avec des lettres en exposant sont significativement différents sur la ligne (comparaison entre bassins versants) — *numbers in bold with superscript letters are significantly different on the line (comparison between watersheds)* ; Sign. : signification — *significance* ; \*\*\* :  $p < 0,0001$  —  $p < 0,0001$  ; Kal1, Kal2, Kab1, Kab2, Idj1, Idj2, Wal1, Wal2 : voir **tableau 1** — *see table 1*.



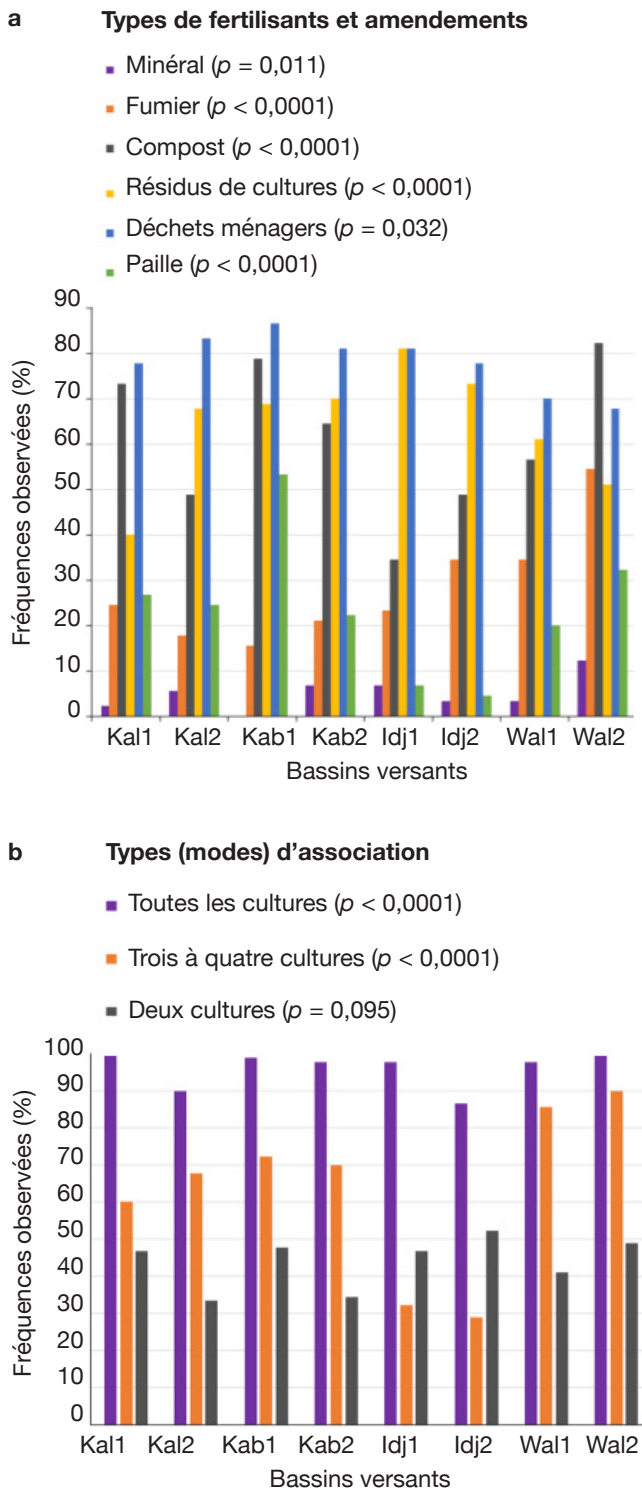
**Figure 5.** Répartition des parcelles selon les positions topographiques par bassin versant — *Distribution of plots according to their topographic positions by watershed* (n = 90 ; N = 720).

Kal1, Kal2, Kab1, Kab2, Idj1, Idj2, Wal1, Wal2 : voir **tableau 1** — *see table 1*.

Kabare, mais dans plus de 8 sur 10 à Walungu. Le taro est particulièrement cultivé à Kalehe où il est présent dans environ une exploitation sur deux. Certaines autres cultures ne sont présentes que dans certains bassins et de façon très variable : le soja (0-48 %) et le café (0-46 %) en lien avec les opportunités de marché, le tournesol (0-46 %) et l’arachide (0-54 %) en lien avec la disponibilité de la semence et des habitudes alimentaires locales. Enfin, les cultures maraichères sont présentes dans près d’une exploitation sur cinq à Walungu à cause de la proximité avec les marchés d’écoulement dans la ville de Bukavu, alors qu’elles sont quasi absentes à Idjwi et Kalehe (< 5 %), plus éloignées (**Tableau 1**).

Dans la majorité des bassins et, pour la grande majorité des ménages, certaines cultures comme le maïs, le haricot, le tournesol, la patate douce, le taro et l’igname ont pour finalité principale l’autoconsommation. Au contraire, le manioc et le bananier sont cultivés principalement pour la vente et secondairement pour l’autoconsommation. Par contre, le caféier est exclusivement une culture de rente dans les bassins où il est cultivé.

Les amendements organiques sont principalement les déchets ménagers (non compostés ; 78 % en moyenne), les résidus de culture (64 %), le compost (61 % ; mélange en proportion variable de déjections animales, déchets ménagers et résidus de culture



**Figure 6.** Fréquences (%) d'adoption des pratiques agricoles par les ménages par bassin — *Frequencies (%) of adoption of farming practices by households within watersheds.*

**a.** types d'amendements — *types of amendments* ; **b.** types d'association des cultures — *types of crop association* ; Kal1, Kal2, Kab1, Kab2, Idj1, Idj2, Wal1, Wal2 : voir **tableau 1** — *see table 1.*

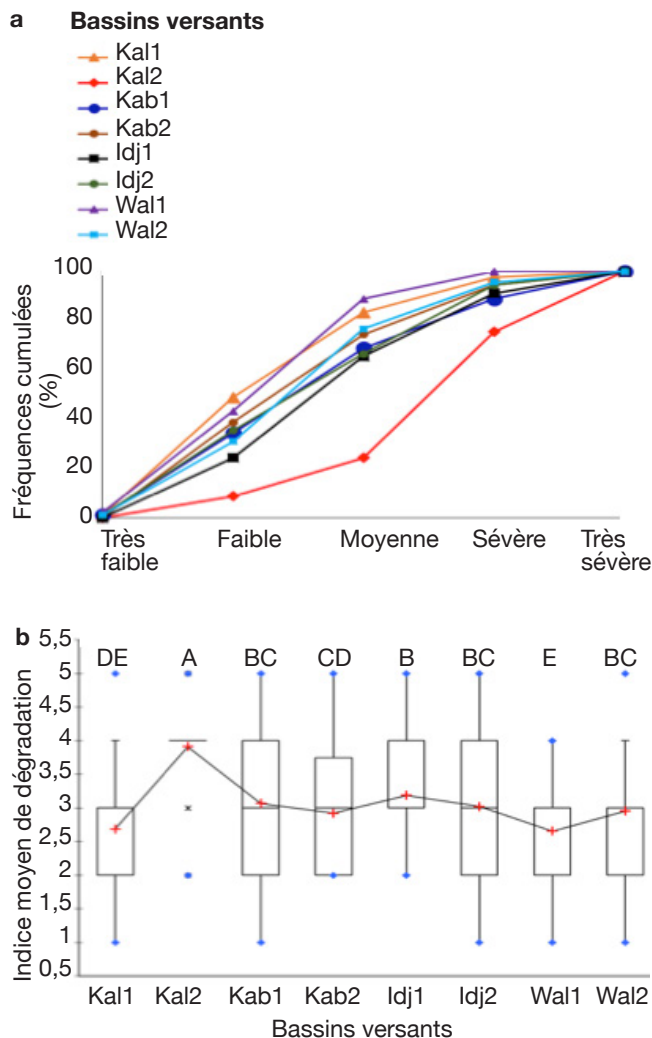
compostés) et, dans une moindre mesure, le fumier (28 %) et le paillage (24 % ; principalement graminées, mais aussi feuilles de bananiers). Le recours à ces amendements varie cependant significativement d'un bassin à l'autre. Ainsi, le compost est apporté par 3 à 8 ménages sur 10 selon les bassins et l'application du fumier est pratiquée par 1 à 5 ménages sur 10. La pratique du paillage est quasi absente à Idjwi, mais concerne près de 5 ménages sur 10 à Kab1. L'utilisation des engrais minéraux est marginale, quel que soit le bassin (< 12 %) (**Figure 6a**).

La présence de l'association de plusieurs cultures varie significativement d'un bassin à l'autre mais, dans tous les cas, cela concerne plus de 3/4 des exploitations (**Figure 6b**). L'association de multiples cultures (généralement plus de trois cultures associées entre elles) est la pratique la plus courante dans toute la zone. Par ailleurs, le concept de la rotation des cultures n'est pas connu en tant que tel au sein de cette zone étudiée. Toutefois, les ménages adoptent différentes pratiques qui s'y apparentent. En effet, ils font succéder à chaque saison, aux cultures annuelles ou pluriannuelles déjà présentes sur leurs parcelles, d'autres cultures qu'ils jugent adaptées à leurs besoins. Un exemple de succession de cultures courante est le remplacement d'une légumineuse dans l'association (manioc-légumineuses-maïs) par une autre légumineuse et/ou par une céréale ou encore par un tubercule (exemple : manioc-haricot-maïs en saison 1 et en saison 2 : manioc-soja-sorgho-patate douce-maïs).

### 3.4. Perception de l'état de dégradation des sols

Dans les bassins Kab1, Idj1 et Idj2, plus d'une parcelle sur trois ont un état général de dégradation sévère à très sévère selon les dires des producteurs enquêtés, alors que dans le bassin Kal2, ce sont même trois parcelles sur quatre (**Figure 7a**). À l'exception de Kal2 où le niveau moyen de dégradation est sévère, le niveau moyen de dégradation tel que perçu par les exploitants agricoles est assez similaire dans tous les bassins et compris entre 2,6 et 3,1 (= moyen), avec néanmoins des différences significatives entre bassins versants (**Figure 7b**). On observe en particulier un contraste important entre les deux bassins versants de Kalehe, Kal1 étant le moins dégradé et Kal2 étant le plus dégradé parmi les huit bassins enquêtés.

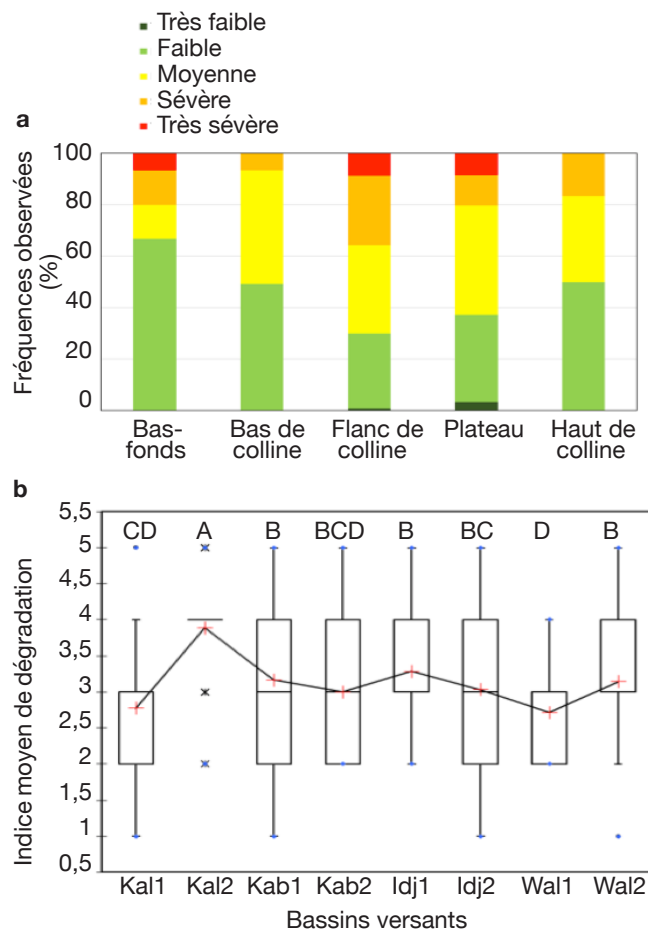
En analysant la répartition des états de dégradation en fonction de la position topographique, on observe que la fréquence des états de dégradation sévères et très sévères est la plus élevée sur la position flanc de colline (36 %) (**Figure 8a**). À l'opposé, dans les bas-fonds, l'état de dégradation faible concerne près de 70 % des parcelles. La part des différentes positions topographiques variant sensiblement d'un bassin à



**Figure 7.** Indices de l'état de dégradation général des sols selon la perception des producteurs par bassin versant — *Index of soil degradation status according to the farmers' perception per watershed.*

**a.** courbes de fréquences cumulées des niveaux de dégradation générale — *cumulative frequency curves of general status of degradation* ; **b.** box plots (moyenne, valeurs extrêmes, minimum/maximum) des indices de dégradation — *box plots (average, extreme values, minimum / maximum) of degradation indexes* ; les boîtes surmontées d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes — *boxes that share the same letter are not statistically different* ; Kal1, Kal2, Kab1, Kab2, Idj1, Idj2, Wal1, Wal2 : voir **tableau 1** — *see table 1.*

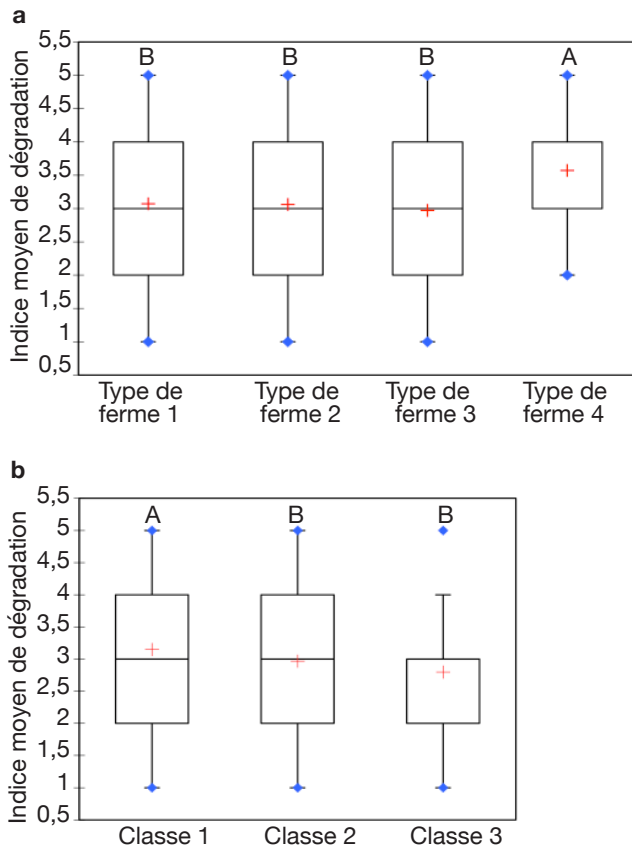
l'autre (**Figure 5**), on peut se demander si l'indice moyen de dégradation (**Figure 8b**) n'est pas, au moins partiellement, le reflet de différences dans la localisation topographique des parcelles entre bassins. Cependant, l'analyse de la variance de l'indice moyen de dégradation des parcelles montre que les tendances générales observées entre les bassins à la **figure 7b** persistent, même lorsqu'on se limite à la position « flanc de colline » ( $p < 0,0001$  ; **figure 8b**).



**Figure 8. a.** Répartition des états de dégradation en fonction de la position topographique pour l'ensemble des bassins versants — *Distribution of degradation states for each topographical position across all watersheds* ; **b.** Box plots (moyenne, valeurs extrêmes, minimum/maximum) de l'indice moyen de dégradation par bassin versant pour la position flanc de colline — *Box plots (average, extreme values, minimum / maximum) of the degradation indexes per watershed for the hillside position.*

Les boîtes surmontées d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes — *Boxes that share the same letter are not statistically different* ; Kal1, Kal2, Kab1, Kab2, Idj1, Idj2, Wal1, Wal2 : voir **tableau 1** — *see table 1.*

L'analyse de la variance calculée par type de ferme montre qu'il existe une différence significative de l'indice moyen de dégradation entre les quatre types de ferme au sein de la zone d'étude ( $p = 0,048$ ). Plus précisément, l'indice de dégradation des fermes de type 4 est significativement plus élevé, comparé à celui des trois autres types (**Figure 9a**). De même, l'analyse de l'indice moyen de dégradation calculé par classe de richesse montre qu'il existe une différence hautement significative entre les trois classes ( $p = 0,004$ ), le niveau moyen de dégradation des parcelles pour les



**Figure 9.** Box plots (moyenne, valeurs extrêmes, minimum/maximum) de l'indice moyen de dégradation pour (a) les différents types d'exploitations agricoles et (b) en fonction des classes de richesse, pour les huit bassins versants enquêtés — *Box plots (average, extreme values, minimum/maximum) of the degradation index for (a) different types of farms and (b) different wealth classes, across the eight watersheds.*

Les boîtes surmontées d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes — *Boxes that share the same letter are not statistically different.*

ménages très pauvres étant significativement plus élevé que celui des parcelles des ménages pauvres et riches (**Figure 9b**).

En vue de mettre en évidence une éventuelle relation entre le type de cultures, les pratiques agricoles et l'état de dégradation, seules les parcelles en position topographique « flanc de colline » ont été considérées afin de ne pas introduire un possible biais lié à la position topographique. En considérant les fréquences des cultures par niveau de dégradation sur cette position, on remarque que les cultures maraichères et la patate douce se retrouvent plus souvent que les autres sur des parcelles avec des indices de dégradation

faible, voire très faible, le bananier étant plus souvent sur les parcelles à indices de dégradation moyenne, alors que le manioc est un peu plus souvent associé à des parcelles avec des indices sévère et très sévère (**Figure 10a**). On observe également que le caféier tend à se retrouver plus souvent sur des parcelles sévèrement dégradées, alors que les producteurs semblent éviter de mettre du tournesol sur ces mêmes parcelles. De même, les fréquences de certaines pratiques sur la position flanc de colline ont un lien avec l'état de dégradation (**Figure 10b**). On remarque en particulier que l'apport de résidus de culture et de déchets est associé aux parcelles (très) sévèrement dégradées, alors que le billonnage et le labour localisé sont plus couramment observés sur les parcelles faiblement à moyennement dégradées.

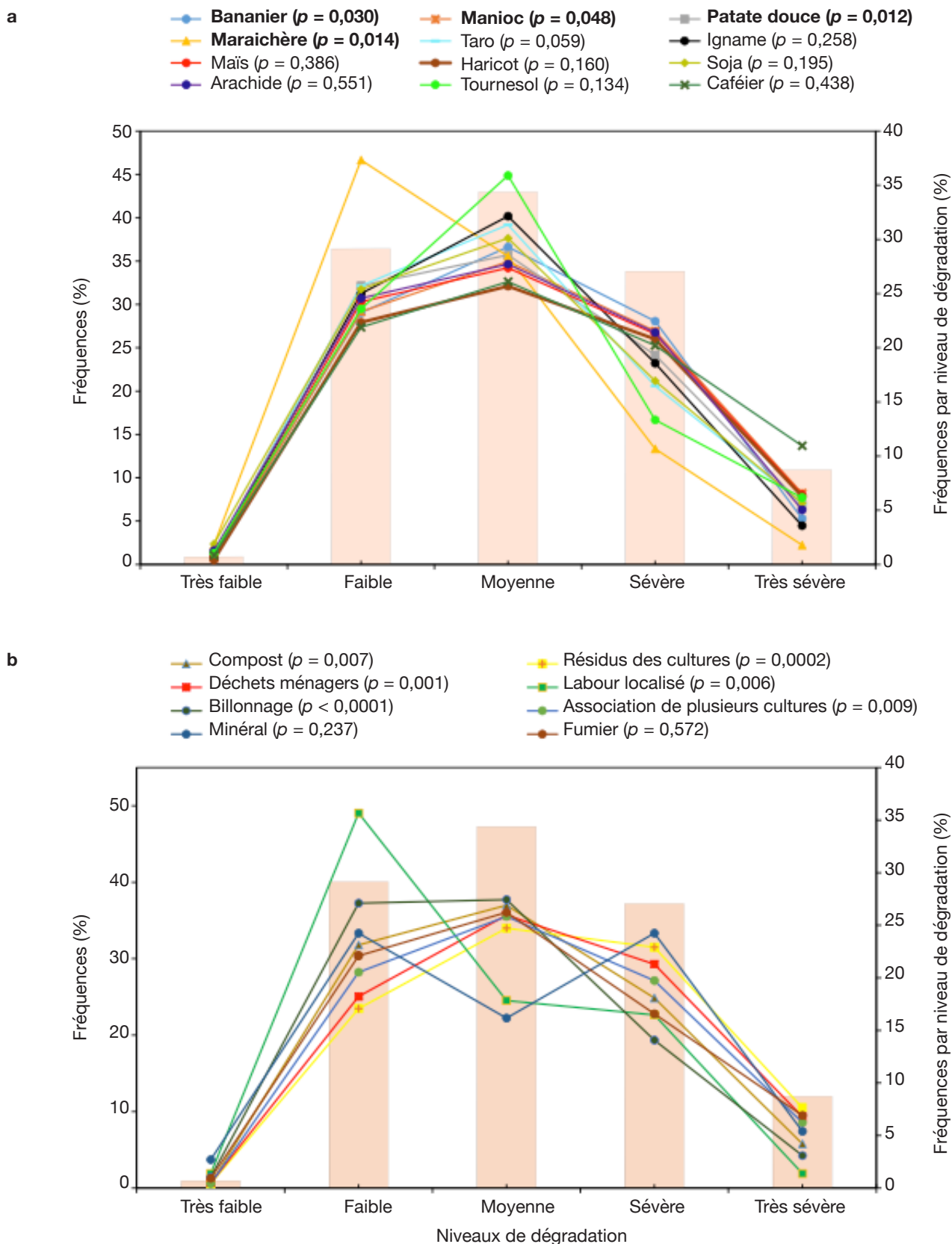
### 3.5. Principaux types de dégradation

L'érosion hydrique est la forme de dégradation ayant l'indice de sévérité le plus élevé (**Figure 11**). Il est suivi par l'épuisement du sol, la perte de matières organiques et la compaction. Il existe cependant des différences significatives entre bassins pour ces quatre indices. L'érosion apparaît comme la plus sévère à Kal2 et la moins sévère à Walungu. Une tendance similaire s'observe pour la perte de matière organique. En ce qui concerne l'épuisement des sols, Kal2 est à nouveau le bassin le plus affecté, mais il y a peu de différences entre les sept autres bassins étudiés. Enfin, pour la compaction, les différences sont globalement peu marquées, mais les plus grands indices sont observés dans les bassins Wal1 et Kab1 et les plus faibles à Wal2.

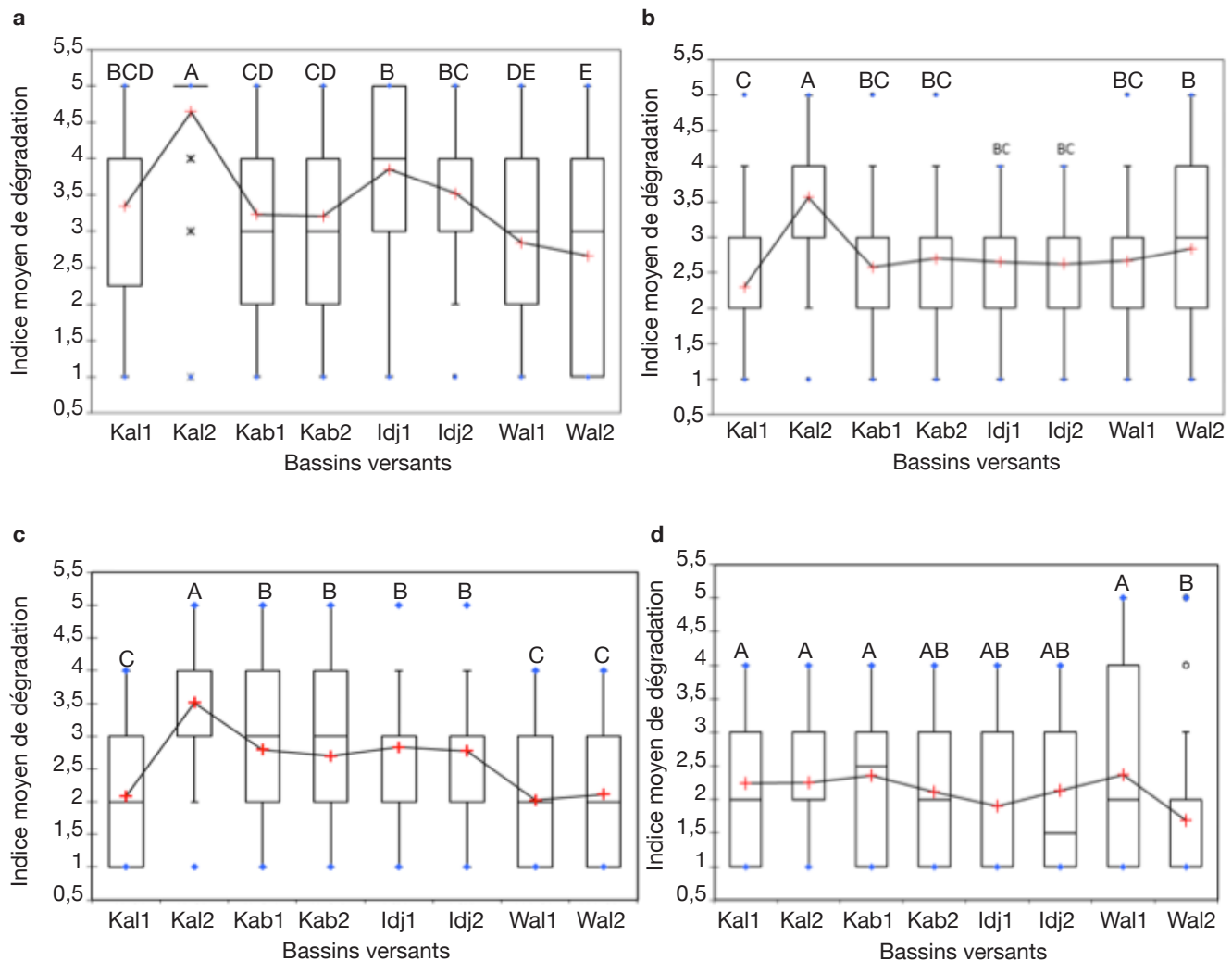
## 4. DISCUSSION GÉNÉRALE

### 4.1. Caractéristiques générales des exploitations

En raison d'une densité démographique en milieu rural très élevée (**Tableau 1**), également observée dans les pays avoisinants (Rwanda, Burundi ; Nabahungu, 2012 ; Schut et al., 2016), les exploitations agricoles de la zone d'étude se caractérisent par une faible superficie totale, < 1 ha pour deux tiers des producteurs (**Figure 2a**). Les superficies sont particulièrement faibles là où la densité démographique est la plus élevée, comme par exemple à Idjwi. Bien qu'une part majoritaire de la production soit destinée à l'autoconsommation, certaines cultures sont destinées en grande partie (banane, manioc) ou exclusivement (café) à la vente. La pratique de l'association de nombreuses cultures (**Figure 6b**) est quasi généralisée, stratégie qui permet de sécuriser la production alimentaire en évitant les risques et en maximisant l'utilisation des terres et de



**Figure 10.** Distribution (a) des cultures et (b) des pratiques culturales en fonction des niveaux de dégradation des parcelles pour la position flanc de collines pour l'ensemble des huit bassins et la  $p$ -value du test de  $\chi^2$  — Distribution of (a) crops and (b) cropping practices accross degradation levels for the hillside position for all eight watersheds and the  $p$ -value of the  $\chi^2$  test.



**Figure 11.** Box plots (moyenne, valeurs extrêmes, minimum/maximum) d'indice de sévérité pour les différents types de dégradation selon la perception des ménages au sein des huit bassins avec les lettres de comparaison des moyennes — *Box plots (average, extreme values, minimum/maximum) of severity index for the different types of degradation according to the farmers' perception in the eight watersheds with mean comparison letters (LSD).*

**a.** érosion hydrique — *water erosion* ; **b.** épuisement du sol — *soil nutrient depletion* ; **c.** perte de matières organiques — *loss of organic matter* ; **d.** compaction du sol — *soil compaction* ; les boîtes surmontées d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes — *Boxes that share the same letter are not statistically different* ; Kal1, Kal2, Kab1, Kab2, Idj1, Idj2, Wal1, Wal2 : voir **tableau 1** — *see table 1.*

la main-d'œuvre (van Asten et al., 2013). En raison de la forte densité de population et de la faible taille des exploitations ne permettant pas de produire un fourrage abondant, l'élevage est surtout axé sur des petits animaux (**Tableau 3**) comme observé également dans les pays limitrophes (Rwanda, Burundi ; van Asten et al., 2013).

Quatre types d'exploitations ont pu être mis en évidence à partir de critères socio-économiques. Ces types ne se démarquent cependant pas fortement en termes de richesses, 90 % des ménages en moyenne étant classés comme pauvres ou très pauvres (**Tableau 5**). Cette pauvreté généralisée s'explique par la précarité

des conditions de vie en milieu rural à l'est de la R.D. Congo, suite notamment à l'insécurité alimentaire, aux guerres à répétition et au manque de routes de desserte agricole (Louvain Développement, 2008 ; Ulimwengu et al., 2009). La faible différenciation des exploitations en termes de richesse peut aussi s'expliquer par le fait que les ménages sont très dynamiques en milieu rural et peuvent poursuivre plusieurs stratégies de survie simultanément (Barrett et al., 2006, cités par Tiftonell et al., 2010). En effet, un ménage agricole au sein de la zone d'étude peut avoir comme sources de revenu, sa parcelle agricole, son élevage, un petit commerce et/ou un travail salarié (travail dans les champs des

autres et/ou d'animateur rural, etc.). Par conséquent, il est rare qu'une catégorie donnée de ménages détienne des caractéristiques propres à elle seule à cause de cette multiplicité de stratégies poursuivie par chaque ménage (Chikowo et al., 2014).

#### 4.2. État de dégradation au niveau de la zone dans sa globalité et entre bassins versants

Selon la perception des producteurs, la zone d'étude se caractérise par un état de dégradation moyen, mais environ un tiers des parcelles présente un état de dégradation sévère à très sévère (**Figure 7**). Cet état général de dégradation peut être relié à la surexploitation des terres avec peu d'apports d'intrants externes et un manque de systèmes techniques permettant un recyclage efficace des ressources organiques disponibles localement (Lunze, 2000 ; Pypers et al., 2010). L'état de dégradation est le plus sévère sur les flancs de colline et le plus faible dans les bas-fonds et haut de colline (**Figure 7a**). Ce lien fort avec la position topographique semble indiquer le rôle central de l'érosion hydrique (et de processus associés comme la perte en éléments nutritifs et en matière organique) dans l'état de dégradation. Ceci est cohérent avec l'importance accordée par les producteurs à l'érosion hydrique (**Figure 11**). König (1993) a également fait état de niveaux de dégradation des sols très sévère sur les terrains en pentes au Rwanda en raison de la minéralisation accélérée de la matière organique ainsi que la perte d'éléments nutritifs et de matière organique par ruissellement et érosion hydrique.

Bien que l'état de dégradation soit assez comparable en moyenne entre bassins versants, on observe quelques différences entre eux (**Figure 7b**). Cependant, à l'échelle régionale, peu de facteurs explicatifs ont pu être identifiés pour expliquer ces différences, mis à part l'altitude (probable reflet du relief général et en particulier de la pente) et la démographie (qui traduirait la pression sur les ressources disponibles). Malgré que certaines cultures (**Tableau 6**) ou pratiques culturelles (non montrées, car directement liées à des cultures spécifiques) soient plus spécifiques à certains bassins, aucune relation significative n'a pu être établie entre l'état de dégradation général et la fréquence d'adoption de cultures ou de pratiques culturelles prises isolément, vraisemblablement à cause du fait que la pratique courante dans la zone d'étude est l'association de plusieurs cultures.

#### 4.3. État de dégradation à l'échelle des ménages

Parmi les quatre types d'exploitations identifiés, le type 4 se démarque significativement en termes

de niveau de dégradation plus avancé (**Figure 9a**). Parallèlement, on observe que le niveau de dégradation va de pair avec le niveau de pauvreté, les exploitations très pauvres se caractérisant par des états de dégradation significativement plus sévères (**Figure 9**). Les ménages riches disposent d'exploitations de plus grandes tailles et/ou ont la possibilité d'accéder à d'autres sources de revenus qui leur permettraient d'investir dans la conservation de leurs terres (apport des fumiers de ferme ; mise en place des structures antiérosives, etc.), comme cela a été observé dans les plateaux et collines du Rwanda (König, 1993). À l'opposé, les ménages pauvres exploitent les terres en continu et implantent le plus souvent les mêmes cultures (Mufungizi, 2016), mais avec peu de possibilités d'entretien du sol étant donné le faible accès aux crédits agricoles et aux amendements (Schut et al., 2016). Dans ces conditions, la majorité des ménages va assister de manière impuissante à une baisse de productivité soit par l'épuisement des sols, soit par l'augmentation de la compétition pour les ressources limitées en sols et en eau (Mc Michael et al., 2007, cités par Lal, 2009). Ceci va conforter leur situation d'insécurité alimentaire, qui à son tour aura un impact sur la dégradation des sols et ainsi de suite (Lal, 2009).

#### 4.4. État de dégradation et occupation des sols

Les bassins se caractérisent par une certaine diversité dans les choix de cultures, à l'exception des cultures principales que sont le maïs, le haricot et le manioc (**Tableau 6**). Ces trois spéculations sont cultivées soit en association maïs-haricot-manioc, soit haricot-manioc, mais rarement seules (Pypers et al., 2010). Seul le manioc peut être trouvé en monoculture dans une partie de champs, mais cela s'observe uniquement à des endroits où les autres cultures ont du mal à se développer (par exemple, sols très dégradés ; CIALCA, 2010). La diversité des cultures s'accompagne d'une certaine diversité des pratiques, certaines pratiques étant spécifiques à certains types de cultures. Ainsi, le billonnage ou buttage sont pratiqués préférentiellement sur le manioc, le taro, l'igname et la patate douce (non montré).

Bien que la prédominance des associations de cultures n'ait pas permis de mettre en évidence un lien univoque entre culture et dégradation, certaines tendances ont été observées. Par exemple, le caféier et le manioc sont plutôt situés sur des sols dégradés, ce qui reflète la capacité de ces cultures à produire même faiblement sur des sols dégradés (manioc) ou le caractère non prioritaire de la culture en termes d'entretien (café). En effet, contrairement aux pays avoisinants (Rwanda, Burundi, Ouganda), il n'y a pas de politique forte en matière d'appui à la filière café au Sud-Kivu. On note aussi que des cultures comme

la patate douce et, dans une moindre mesure, le taro et l'igname, sont majoritairement observées sur les parcelles faiblement à moyennement dégradées (**Figure 10a**). Il est cependant difficile de déterminer si cela relève d'une stratégie d'allocation des cultures ou au contraire de l'impact des cultures sur le sol. Dans le cas des cultures maraichères par exemple, on peut y voir le résultat de leur allocation préférentielle sur des parcelles productives, mais il se peut aussi que ces cultures bénéficient préférentiellement des amendements organiques ou même du paillage en raison de la proximité avec les habitations (Tittone et al., 2010), des faibles superficies cultivées en maraichage et de leur valeur financière. Dans le cas des plantes à racines et tubercules, la pratique du billonnage et/ou du buttage dont elles bénéficient pourrait réduire sensiblement la perte en terre, grâce au fait qu'elles réduiraient la vitesse de ruissellement (ex. Rutebuka et al., 2019). On note aussi que certaines pratiques comme le paillage ou l'application de déchets ménagers visent préférentiellement les sols plus dégradés, en général plus éloignés des cases.

#### 4.5. Perception des producteurs sur l'état de dégradation

Bien que le recours à la perception des producteurs soit reconnu aujourd'hui comme l'un des moyens pour obtenir rapidement des données dans des contextes où peu de données fiables sont disponibles (Mashi et al., 2014), comme c'est le cas pour la dorsale du Kivu, une attention particulière doit tout de même être observée étant donné l'écart qui existe entre le langage des agriculteurs et celui des scientifiques (van Asten et al., 2009). Par ailleurs, les résultats d'enquête doivent être perçus comme un classement relatif des parcelles plutôt que comme un classement absolu. En effet, le référentiel utilisé par le producteur pour évaluer le niveau de dégradation de sa parcelle sera non seulement fonction de l'évolution de la productivité et des processus qu'il y observe, mais aussi de la connaissance qu'il a de la productivité et de l'intensité de ces mêmes processus sur des parcelles voisines dans son terroir, voire dans des terroirs environnants. Cette possible sous-estimation de la sévérité réelle de la dégradation pourrait résulter du fait que les parcelles de faible productivité sont la norme plutôt que l'exception dans la zone d'étude. L'état général de dégradation d'une parcelle donnée serait perçu comme moins grave que ce qu'il n'est réellement, par comparaison aux parcelles voisines.

Cette subjectivité n'enlève cependant rien à l'intérêt de ce type de données, puisque cela permet de prioriser les exploitations ou les bassins versants en fonction de l'urgence perçue du problème. Ainsi, on pourrait déterminer, par exemple, la contribution de chacun de

ces facteurs à la variabilité du niveau de dégradation ou faire d'autres analyses exploratoires plus détaillées pour comprendre comment les ménages font face aux principaux types de dégradation identifiés, en examinant par exemple le niveau d'application des systèmes de gestion et de conservation de leurs sols dans cette zone d'étude. Cela peut ainsi servir de support à des stratégies d'interventions dans le milieu (ex. : la protection des versants à l'échelle de la colline ou du bassin versant tout entier par des structures antiérosives). Néanmoins, il serait utile de compléter ces données d'enquête avec des mesures quantitatives de la sévérité des différentes formes de dégradation, et en particulier de l'érosion hydrique. Au vu de la grande variabilité des niveaux de dégradation d'un producteur à l'autre pour une même position topographique (**Figure 7b**), l'échelle la plus pertinente pour un tel travail semble être l'échelle parcellaire.

## 5. CONCLUSIONS

En se basant sur la perception des producteurs, cette étude montre un état de dégradation des sols globalement inquiétant puisque jugé moyen à sévère dans les huit bassins versants enquêtés. Cette situation semble découler des conditions topographiques défavorables, de la forte pression sur les terres en lien avec la démographie, mais aussi de la capacité limitée des producteurs à investir dans l'entretien de leurs terres, les exploitations les plus pauvres ayant les niveaux de dégradation les plus élevés.

L'érosion hydrique apparaît comme une cause importante de la dégradation des terres, tout comme l'épuisement des sols et la perte en matière organique. Des liens ont pu être établis entre l'état de dégradation et certaines cultures et pratiques agricoles, même si une telle analyse est rendue très complexe compte tenu de la quasi-généralisation des associations de cultures. Afin d'objectiver les résultats, il serait utile de compléter les données obtenues par voie d'enquêtes avec des mesures quantitatives de la sévérité des différentes formes de dégradation. Pour plus de facilité d'interprétation, ce travail devra être réalisé à une échelle plus réduite, à savoir celle de la sous-parcelle.

Les résultats de cette étude indiquent qu'il est urgent d'intervenir auprès des producteurs de la dorsale du Kivu pour les aider à inverser le cercle vicieux de la dégradation des sols et de la pauvreté. La méthodologie développée et les résultats obtenus devraient ainsi permettre d'accompagner des interventions futures grâce à une meilleure connaissance du milieu et une priorisation des zones d'interventions et des exploitations. À cet effet, le fait que les exploitants soient majoritairement propriétaires de leur parcelle



facilitera la mise en œuvre de toute action de lutte contre les différentes formes de dégradation.

### Bibliographie

- Bisimwa G. & Mambo B., 2009. Souveraineté alimentaire : le paradoxe du Sud-Kivu. *Défis Sud*, **91**, 23-24.
- Bitijula M. & Lal R., 1983. *Socioeconomic constraints and soil degradation in Kivu region of Zaïre. Project report founded by the IFIAS*. Wageningen, The Netherlands: IsRIC Library.
- Bizozza A.R., 2014. Three-stage analysis of the adoption of soil and water conservation in the highlands of Rwanda. *Land Degrad. Dev.*, **25**(4), 360-372, doi.org/10.1002/ldr.2145
- Bricas N., Tchamda C. & Mouton F., eds., 2016. *L'Afrique à la conquête de son marché alimentaire intérieur. Enseignements de dix ans d'enquêtes auprès des ménages d'Afrique de l'Ouest, du Cameroun et du Tchad*. Paris : Études de l'AFD, 12.
- Cazanave-Piarrot A., 2009. La région des grands lacs africains : collapse nature et société pronostiqué. *Entropia*, **7**, 61-74
- Chikowo R., Zingore S., Snapp S. & Johnston A., 2014. Farm typologies, soil fertility variability and nutrient management in smallholder farming in sub-Saharan Africa. *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, **100**, 1-18, doi.org/10.1007/s10705-014-9632-y
- CIALCA (Consortium for Improving Agricultural-based Livelihoods in Central Africa), 2010. *CIALCA Baseline survey report*, www.cialca.org, (25/03/2020).
- CNKI (Comité National du Kivu), 1948. *Vingt ans d'activité en matière de colonisation européenne 1928-1948*. Bruxelles : Wellens et Godenne.
- Cox P.T., 2012. Farming the battlefield: the meanings of war, cattle and soil in South Kivu, Democratic Republic of the Congo. *Disasters*, **36**(2), 233-248, doi.org/10.1111/j.1467-7717.2011.01257.x
- Diao X., Hazell P. & Thurlow J., 2010. The role of agriculture in African development. *World Dev.*, **38**(10), 1375-1383, doi.org/10.1016/j.worlddev.2009.06.011
- DSRP (Gouvernement de la République Démocratique du Congo), 2005. *Monographie de la province du Sud-Kivu*. Kinshasa, RDC : Ministère du Plan.
- DSCR 2 (Gouvernement de la République Démocratique du Congo), 2011. *Document de stratégie de croissance et de réduction de la pauvreté*. Kinshasa, RDC : Ministère du Plan.
- Ellis-Frank, 2005. Small farms, livelihood diversification, and rural-urban transitions: strategic issues in sub-Saharan Africa. In: *Proceedings of a research workshop, The future of small farms*, Wyre, UK, June 26-29. Washington: IFPRI (International Food Policy Research Institute), 135-180.
- FAO, 1998. *Synthèse agronomique des essais de fertilisation dans la Province du Kivu*. RDC. Programme National Engrais. AG : GCPF/ZAI/013/BEL. Rapport technique, 98/8. Rome : FAO.
- Goyens C. et al., 2007. Base des Données Numériques sur les Sols et TERrain (SOTER) de l'Afrique centrale (R.D. Congo, Rwanda et Burundi). *Etude Gestion Sols*, **14**, 207-208.
- Hauser S. et al., 2007. *Programme prioritaire de la recherche agricole. Projet 9 ACP ZR 13/1 (GCP/DRC/036/EC selon codification FAO). Programme de réhabilitation de la recherche agricole et forestière en République Démocratique du Congo*.
- IPAPEL (Inspection Provinciale de l'Agriculture, Pêche et Élevage), 2010. *Rapport annuel. Province du Sud Kivu*. R.D. Congo.
- Jayne T.S., Mather D. & Mghenyi E., 2010. Principal challenges confronting smallholder agriculture in sub-Saharan Africa. *World Dev.*, **38**(10), 1384-1398, doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.06.002
- Karamage F. et al., 2016a. Deforestation effects on soil erosion in the Lake Kivu Basin, D.R. Congo-Rwanda. *Forests*, **7**(11), 281, doi.org/10.3390/f7110281
- Karamage F. et al., 2016b. Extent of cropland and related soil erosion risk in Rwanda. *Sustainability*, **8**(7), 609, doi.org/10.3390/su8070609
- König D., 1993. *Dégradation et érosion des sols au Rwanda (Projet Agricole et Social Interuniversitaire, Rwanda)*. Mainz, Allemagne : Geographisches Institut Johannes Gutenberg-Universität, 31-40
- Lal R., 1988. Soil degradation and the future of agriculture in sub-Saharan Africa. *J. Soil Water Conserv.*, **43**(6), 444-454.
- Lal R., 2009. Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. *Food Secur.*, **1**(1), 45-57, doi.org/10.1007/s12571-009-0009-z
- Louvain Développement, 2008. *Pauvreté rurale et insécurité alimentaire au Sud-Kivu : situation des milieux précarisés à l'Est de la République Démocratique du Congo*. Sud-Kivu, RDC : Médiaspaul.
- Lunze L., 2000. Possibilités de gestion de la fertilité des sols au Sud-Kivu montagneux. *Cah. CERPRU*, **14**, 23-26.
- Mashi S.A., Yaro A. & Jenkwe E.D., 2014. Causes and consequences of gully erosion: perspectives of the local people in Dangara area, Nigeria. *Environ. Dev. Sustainability*, **17**, 1431-1450, doi.org/10.1007/s10668-014-9614-x
- M'Biandoun M. & Bassala J.P.O.B., 2007. Savoir paysan et fertilité des terres au Nord-Cameroun. *Cah. Agric.*, **16**(3), 185-197, doi.org/10.1684/agr.2007.0100
- Muchena F.N., Onduru D.D., Gachini G.N. & de Jager A., 2005. Turning the tides of soil degradation in Africa: capturing the reality and exploring opportunities. *Land Use Policy*, **22**, 23-31, doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.07.001
- Mufungizi N.A., 2016. *Agricultural market failures and peasants' welfare in South Kivu*. Dissertation: Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium, http://hdl.handle.net/2078.1/17623

- Nabahungu N.L., 2012. Nutrient resource flows in agricultural wetland and hillside fields in Rwanda, as affected by farmer's resource endowments. *In : PhD Thesis, Problems and opportunities of wetland management in Rwanda, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands*, 67-83.
- Ntamwira J., Blomme G., Bahati L. & Ocimati W., 2019. Effect of timing of diseased plant cutting, altitude and banana cultivar on efficacy of singly removing *Xanthomonas* wilt infected banana plants. *Eur. J. Plant Pathol.*, **154**, 477-489, doi.org/10.1007/s10658-019-01671-9
- Okoba B.O. & de Graaff J., 2005. Farmers' knowledge and perceptions of soil erosion and conservation measures in the central highlands of Kenya. *Land Degradation Dev.*, **16**(5), 475-487, doi.org/10.1002/ldr.678
- Pypers P. et al., 2010. Increased productivity through integrated soil fertility management in cassava-legume intercropping systems in the highlands of Sud-Kivu, D.R. Congo. *Field Crops Res.*, **120**(1), 76-85, doi.org/10.1016/j.fcr.2010.09.004
- Rutebuka J., Kagabo D.M. & Verdoodt A., 2019. Farmers' diagnosis of current soil erosion status and control within two contrasting agro-ecological zones of Rwanda. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **278**, 81-95, doi.org/10.1016/j.agee.2019.03.016
- Schut M. et al., 2016. Sustainable intensification of agricultural systems in the Central African Highlands: the need for institutional innovation. *Agric. Syst.*, **145**, 165-176, doi.org/10.1016/j.agry.2016.03.005
- Senthikumar K. et al., 2009. Characterising rice-based farming systems to identify opportunities for adopting water efficient cultivation methods in Tamil Nadu, India. *Agric. Water Manage.*, **96**, 1851-1860, doi.org/10.1016/j.agwat.2009.08.007
- Tittonell P. et al., 2010. The diversity of rural livelihoods and their influence on soil fertility in agricultural systems of East Africa -A typology of smallholder farms. *Agric. Syst.*, **103**, 83-97, doi.org/10.1016/j.agry.2009.10.001
- Tondeur G., 1954. *Érosion du sol spécialement au Congo Belge*. 3<sup>e</sup> éd. Bruxelles : Ministère des Colonies ; Léopoldville-Kalina : Gouvernement général du Congo-Belge.
- Ulimwengu J., Funes J., Headey D. & You L., 2009. *Paving the way for development? The impact of transport infrastructure on agricultural production and poverty reduction in the Democratic Republic of Congo. IFPRI Discussion Paper 00944*. Washington: IFPRI, 48.
- van Asten P., Kaaria S., Fermont A.M. & Delve R.J., 2009. Challenges and lessons when using farmer knowledge in agricultural research and development projects in Africa. *Exp. Agric.*, **45**, 1-14, doi.org/10.1017/S0014479708006984
- van Asten P. et al., 2013. CIALCA's efforts on integrating farming system components and exploring related trade-offs. *In: Agro-ecological intensification of agricultural systems in the African highlands*. London, New York: Routledge, 117-133.
- Zirirane D.N. et al., 2015. Efficacité de rétention des polluants par les marais Ciranga et Kabamba du Lac Kivu, République Démocratique du Congo. *Vertigo*, **15**(1), doi.org/10.4000/vertigo.16027

(42 réf.)